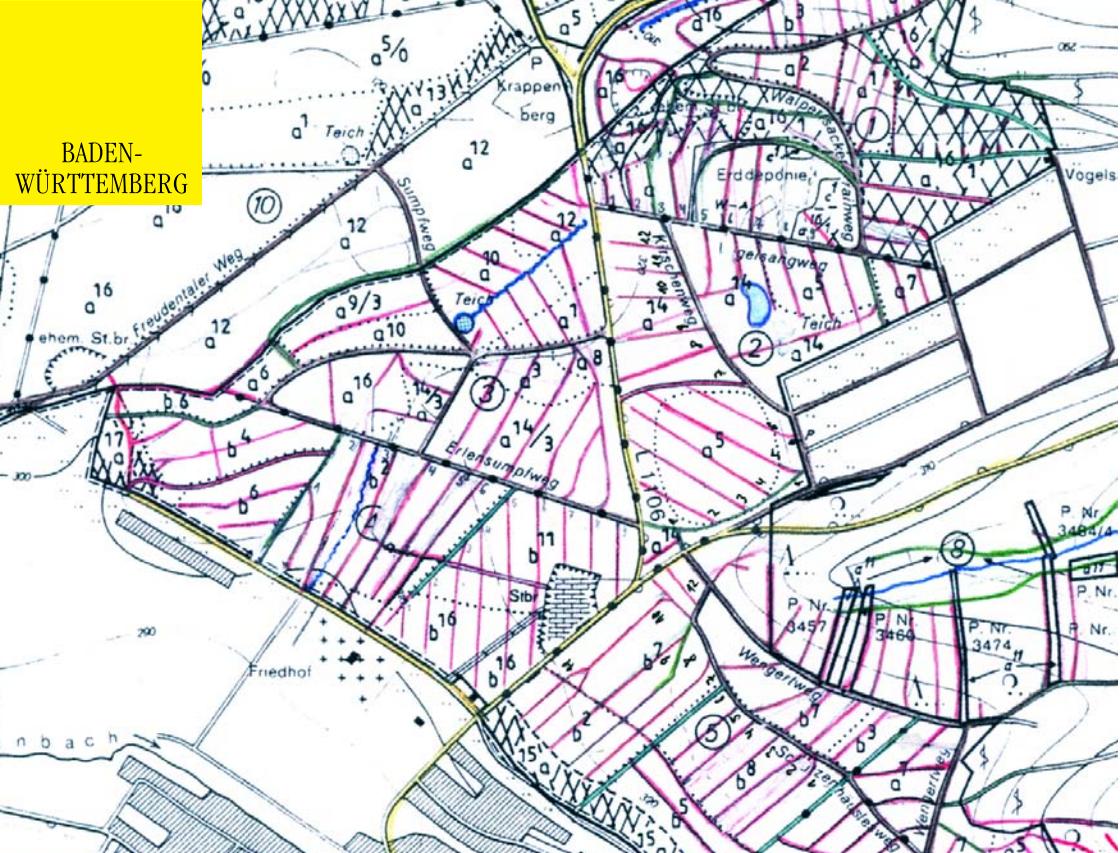


BADEN-
WÜRTTEMBERG



RICHTLINIE FEINERSCHLISSUNG



MINISTERIUM
FÜR ERNÄHRUNG
UND LÄNDLICHEN RAUM

Richtlinie der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg zur Feinerschließung von Waldbeständen

I. Grundsätzliche Festlegungen

Aus Gründen des Bodenschutzes und der Verwirklichung des Vorsorgeprinzips bei der Nutzung und beim Schutz natürlicher Ressourcen sind folgende Rahmenbedingungen für Feinerschließung zu beachten:

1. flächiges Befahren von Waldbeständen ist zu unterlassen;
2. unvermeidbare Befahrung ist auf Wege, Maschinenwege und permanente Rückegassen zu konzentrieren;
3. Rückegassen werden grundsätzlich nicht befestigt;
4. die Rückegassenbreite beträgt maximal 4 m;
5. Rückegassen sind dauerhaft zu kennzeichnen und zu dokumentieren sowie nach Möglichkeit dauerhaft – nicht aber ganzjährig und bei jeder Witterung – befahrbar zu halten;
6. die (Weiter-) Nutzung vorhandener Rückegassen bzw. Fahrspuren hat auch unter Inkaufnahme suboptimaler Erschließung Vorrang vor der Neubefahrung bisher ungestörten Waldbodens. Nicht mehr benötigte Rückegassen/Fahrspuren sind aufzulassen.

Inhaltliche und verfahrenstechnische Details zur Umsetzung der Richtlinie sind in den anhängenden „Erläuterungen zur Richtlinie“ sowie in der „Anleitung zur Richtlinie“ (Taschenkarte) geregelt.

II. Anpassung und Neukonzeption von Feinerschließungsnetzen

Die Überprüfung der vorhandenen Feinerschließung sowie die ggf. erforderliche Anpassung und Neukonzeption ist Aufgabe der Betriebsleitung.

Zur Anpassung und Neukonzeption von Feinerschließungsnetzen sind - ggf. abteilungs- und/oder forstbetriebsübergreifende - Erschließungseinheiten zu bilden und die vorhandenen Feinerschließungslinien bzw. -netze

1. zu erfassen und zu klassifizieren,
2. auf ihre Boden- und Geländetauglichkeit sowie auf ihre Erschließungswirkung hin zu überprüfen und
3. ggf. zu ergänzen, zu erweitern oder neu zu konzipieren.

In Abhängigkeit von der bodenökologischen Befahrungsempfindlichkeit der vorkommenden Bodenarten bzw. Substratgruppen ergeben sich hinsichtlich der Abstände von Rückegassen Differenzierungs- und Entscheidungsspielräume für die

betriebliche Leitungsebene gemäß der unten stehenden Tabelle sowie den folgenden Vorgaben:

1. **20 m/40 m** auf **teils empfindlichen, teils unempfindlichen** Böden in Flachlagen (Ebene und flach geneigte Hänge < 30% Neigung) eröffnet die Möglichkeit der Anlage von Rückegassen im 20 m-Abstand zur Nutzung ausschließlich **für die Erst- und Zweidurchforstung**. Voraussetzung ist eine Abwägung der standörtlichen Gesamtsituation (überwiegend **unempfindliche** Standorte) des jeweiligen Erschließungsgebietes;
2. **40 m** generell in Hanglagen (30% - 40%, max. 45% Neigung);
3. **zwischen 20 m und 40 m** entsprechend der jeweiligen (systematischen) Altbefahrung auf **unempfindlichen** sowie **teils empfindlichen, teils unempfindlichen** Böden; Rückegassennetze mit z.B. 30 m Abstand werden – auch auf unempfindlichen Böden – nicht weiter verdichtet; in Netzen mit z.B. 20 m Abstand auf **empfindlichen** Böden ist jede zweite Rückegasse aufzulassen.

Rückegassenabstände in Flachlagen < 30% Hangneigung sowie außerhalb von Blocküberlagerungen und Weichbodengebieten

Bodenarten- bzw. Substratgruppe (aus Standortskarte)	bodenökologische Befahrungsempfindlichkeit		
	unempfindlich	teils empfindlich, teils unempfindlich	empfindlich
Tone, Zähtone; Mergeltone	20 m		
Kalkverwitterungslehme, Mergelböden	20 m		
Tonlehme			40 m
Schlufflehme			40 m
schluffige, sandige, sandig-tonige, grusige und steinige Lehme			40 m
schwach lehmige bis lehmige Sande und Feinsande, lehmige Grusböden und Grushänge, Kies- und Schotterlehme		20/40 m	
lehmfreie bis schwach lehmige Sand-, Grus-, Kies- und Steinschuttböden	20 m		
Blockhänge, Blocklagen und Felshänge	20 m		
Substrate mit großer bodenartlicher Bandbreite		20/40 m	
Standorte mit mehr als 20 cm organischer Auflage, v.a. Moore und Missen		20/40 m	

III. Kennzeichnung und Dokumentation von Rückegassennetzen

Der Verlauf von Rückegassen ist zum Zweck der Wiederauffindbarkeit im Gelände zu markieren. Rückegassennetze sind in Feinerschließungskarten zu dokumentieren.

Die Entscheidung für die jeweilige Methode zur Kennzeichnung der Rückegassen obliegt der Betriebsleitung.

IV. Technische Befahrbarkeit von Rückegassen

Die Erhaltung und ggf. Wiederherstellung der technischen Befahrbarkeit von Rückegassen hat größte Bedeutung.

Entscheidend für die Erhaltung der technischen Befahrbarkeit ist die Vermeidung von Gleisbildung. Dazu hat die Betriebsleitung alle verfügbaren organisatorischen und erschließungstechnischen Möglichkeiten zu nutzen sowie auf den Einsatz konstruktionsbedingt bzw. fahrzeugtechnisch bodenschonender Maschinen hinzuwirken. Bauliche Maßnahmen (z.B. an den Einmündungen von Rückegassen) sind auf das zwingend erforderliche Minimum zu beschränken.

Scheidet in Weichbodeengebieten eine Feinerschließung mit Rückegassen aus, ist bei einer Feinerschließung mit befestigten Maschinenwegen die Forstdirektion zu beteiligen.

V. Kalamitätssituationen

Auch in Kalamitätssituationen ist auf die Einhaltung der oben formulierten Befahrungsstandards zu achten.

Dazu hat die Betriebsleitung den Qualitätsstandard „Vermeidung von Neubefahrung“ vor Beginn der Aufarbeitung verbindlich festzulegen und die erforderlichen Maßnahmen (z.B. Rekonstruktion der vorhandenen Feinerschließung; Erhaltung der technischen Befahrbarkeit von Rückegassen) zu treffen.

Aus Gründen der Arbeitssicherheit ist in Kalamitätssituationen der Einsatz leistungsstärkerer, wenn auch schwererer Maschinen vertretbar. Ebenso ist die Aufarbeitung von Zwangssortimenten und/oder die Nichtaufarbeitung von Zwischenflächen (unter Berücksichtigung der Waldschutzsituation) aus Gründen des Bodenschutzes vertretbar.

**Erläuterungen zur Richtlinie
der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg
zur Feinerschließung von Waldbeständen**

0. Vorwort	1
1. Grundlagen	1
1.1 Bedeutung	1
1.2 Ziele und Aufgaben	1
1.3 Mittel	2
2. Rahmenbedingungen	2
2.1 Gesellschaft und Politik	2
2.2 Ökonomie	4
2.3 Technik	5
2.4 Waldbau	7
2.5 Bodenkunde	8
2.6 Landespflege und Naturschutz	12
2.7 Zusammenfassung	12
3. Zustandserfassung, Analyse und Anpassung von Feinerschließungsnetzen	13
3.1 Zustandserfassung vorhandener Feinerschließungsnetze	13
3.2 Analyse vorhandener Feinerschließungsnetze	15
3.3 Anpassung vorhandener Feinerschließungsnetze	17
4. Dokumentation von Feinerschließungsnetzen	18
4.1 Im Gelände	18
4.2 In der Karte	19
5. Erhaltung der technischen Befahrbarkeit von Rückegassen	20
6. Feinerschließung in Sondersituationen	22
6.1 Neukonzeption und Neuanlage von Rückegassennetzen	22
6.2 Altbefahrung	25
6.3 Feinerschließung in Kalamitätssituationen	26
7. Literatur	27

0. Vorwort

Ökologische Erkenntnisse, ökonomische Zwänge, technische Weiterentwicklungen und gesellschaftliche Ansprüche an Wald bzw. Waldwirtschaft erfordern eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Feinerschließungsnetze sowie grundsätzliche Überlegungen hinsichtlich ihrer künftigen Konzeption und Gestaltung. Besondere Bedeutung hat in diesem Zusammenhang die Abschätzung der Folgen zunehmenden Maschineneinsatzes im Wald sowie befahrungsbedingter Veränderungen von Waldböden.

Vor diesem Hintergrund ist die Erarbeitung, Einführung und Einhaltung von Standards zur Vermeidung von Boden- und Bestandesschäden Ausdruck des Willens der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, den Verpflichtungen zu vorsorgendem Ressourcenschutz nachzukommen. Gleichzeitig ist die Implementierung von Risikovermeidungsstrategien wesentlicher Bestandteil des verwaltungsinternen Qualitätsmanagements.

In diesem Rahmen will die vorliegende Richtlinie als eine fachlich abgestimmte, praxisorientierte Zusammenstellung technisch-organisatorische Möglichkeiten und Verfahrensweisen aufzeigen, die dazu beitragen können, unter Abwägung derzeit bekannter Risiken das Vorsorgeprinzip im Hinblick auf Ressourcen- bzw. Bodenschutz und die Erhaltung der standörtlichen Nachhaltigkeit zu verwirklichen.

1. Grundlagen

1.1 Bedeutung

Die Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz ist aus ökologischer wie auch ökonomischer Sicht sinnvoll und daher gesellschaftlich und politisch erwünscht.

Waldbewirtschaftung allgemein, insbesondere der Einsatz von Maschinen und Verfahren der Holzernte, wird hingegen in der Gesellschaft zunehmend sensibler diskutiert. Anlass dafür sind das zunehmende gesellschaftliche Interesse an Natur- und Ressourcenschutz sowie am Einsatz von Maschinen im Wald.

In diesem Spannungsfeld zwischen menschlicher und maschineller Arbeitskraft, Umweltverträglichkeit und Ergonomie sowie Ökonomie und Ökologie kommt einer durchdachten, „intelligenten“ und damit optimierten Feinerschließung als Grundlage jeder Holznutzung eine besondere Bedeutung zu.

1.2 Ziele und Aufgaben

Feinerschließung bzw. Feinerschließungslinien und -netze:

- sichern als Basis für Holzerntemaßnahmen die nachhaltige Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz;
- fungieren bei mechanisierter Aufarbeitung als Arbeitsfläche innerhalb von Beständen;

- ermöglichen bestandesschonende Waldbewirtschaftung und bodenschonendes Holzurücken durch Vermeidung flächenhafter Befahrung (Ressourcenschutz);
- gliedern Bestände und Abteilungen.

1.3 Mittel

Ausgehend von einem Fahrwegenetz als Grunderschließung sind Mittel der Feinerschließung (Neuerungen gegenüber den „Richtlinien zur Walderschließung“ von 1984 sind *kursiv* dargestellt):

- **Rückegassen:** bestockungsfreie, *unbefestigte* Linien von maximal 4 m Breite (Fahrspur/en plus seitlicher Manövrierabstand), in befahrbarem Gelände *auf Dauer angelegt, dauerhaft - jedoch nicht bei jeder Witterung - forstmaschinenbefahrbar sowie gekennzeichnet und dokumentiert*. Der Rückegassenabstand entspricht der Entfernung von Rückegassenmitte zu Rückegassenmitte.
- **Maschinenwege:** einfache, ggf. extensiv befestigte, durchgehend planierte forstmaschinenbefahrbare Wege in nicht befahrbarem Gelände (Hangneigung, schwierige Geländemorphologie, Blocküberlagerung oder *befahrungsempfindliches Substrat*); auf Dauer angelegt und kartenmäßig erfasst.
- **Seiltrassen:** 2 – 3 m breite, bestockungsfreie Linien zum Betrieb von Seilkrananlagen in ansonsten (durch Rückegassen und Maschinenwege) nur sehr schwierig zugänglichem oder unzugänglichem Gelände; *i.d.R. dokumentiert*.

2. Rahmenbedingungen

Ökonomische Zwänge und technische Weiterentwicklungen haben in den vergangenen Jahren das Einsatzspektrum von Forstmaschinen vom Holzurücken hin zu vollmechanisierten Holzernte- und -aufbereitungsverfahren verschoben. Dieser Rationalisierungsschub betrifft aufgrund der zunehmenden „Hangtauglichkeit“ von Forstmaschinen insbesondere die bisher noch wenig mechanisierte Aufarbeitung im Hang und erfordert ein Überdenken der bisherigen Vorgaben zur Feinerschließung der stärker geneigten Lagen.

Im folgenden Kap. 2 werden diejenigen Bedingungen und Faktoren erörtert, die von grundsätzlicher Bedeutung für Feinerschließungskonzepte – unter besonderer Berücksichtigung von Rückegassen – sind und die den Rahmen für die Optimierung von Feinerschließungs- und Rückegassennetzen im konkreten Einzelfall (Kap. 3.3) abstecken.

2.1 Gesellschaft und Politik

Gesetze, Vorschriften und Standards

Feinerschließungskonzepte in Baden-Württemberg haben sich an folgenden Vorschriften zu orientieren:

- BWaldG und LWaldG für Baden-Württemberg (insbes. §1 Gesetzeszweck: „... seine [des Waldes] ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern

...“; §14 Pfllegliche Bewirtschaftung: „... den Boden und die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten ...“; § 19 Bau und Unterhaltung von Waldwegen; §§ 30 und 30a, Bodenschutzwald und geschützte Waldbiotope) einschl. Durchführungsverordnungen;

- Naturschutzgesetze (§ 30 BNatSchG; § 24a NatSchG) einschl. Durchführungsverordnungen;
- Bodenschutzgesetze einschließlich Durchführungsverordnungen (BBodSchG 1998, BBodSchV 1999 und BodSchG für Baden-Württemberg 1991);
- Wasserschutzgesetz (WG für Baden-Württemberg, 1988);
- FFH-Richtlinie (Fauna-Flora-Habitat; Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. 05.1992) i.V.m. Verwaltungsvorschrift Natura 2000 und Handbuch „Beeinträchtigungen, Erhaltungsmaßnahmen und Entwicklungsmaßnahmen von Lebensraumtypen und Lebensstätten von Arten“;
- Nationale Waldprogramme;
- Zertifizierungsstandards (für zertifizierte Forstbetriebe).

In den genannten Vorschriften sind die zunehmende Berücksichtigung von Belangen des Boden-, Natur- und Ressourcenschutzes (z.B. Verbot flächigen Befahrens), die Notwendigkeit der Konzentration und Minimierung unvermeidbarer Befahrungsschäden auf ein permanentes Feinerschließungsnetz sowie dessen Kennzeichnung und eine Abkehr von starren Vorschriften zu Rückegassenabständen erkennbar.

Natur- und Ressourcenschutz

Das gesellschaftliche und politische Interesse an Natur- und Ressourcenschutz hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Wie z.B. die Zertifizierungsdiskussion zeigt, wird Waldbewirtschaftung allgemein innerhalb der Gesellschaft zunehmend sensibler diskutiert. Vor dem Hintergrund der gesetzlichen Verpflichtung zur Umweltvorsorge sind daher Feinerschließungskonzepte und Maschineneinsatz an Risikovermeidungsstrategien zu orientieren. Diesem Vorsorgegedanken wurde bei der Weiterentwicklung der vorliegenden Richtlinie Rechnung getragen.

Multifunktionale Forstwirtschaft

Die gesellschaftlichen Ansprüche an den Wald umfassen Nutz-, Schutz- und Erholungsaspekte für Menschen, Tiere, Pflanzen und Ressourcen. Struktureiche, ungleichaltrige und gemischte Wälder erfüllen diese Anforderungen am Besten, da sie diese gleichzeitig und auf derselben Fläche erfüllen. Struktureiche Wälder erfordern über das gesamte Bestandesleben hinweg häufige, selektive, Bestand und Verjüngung schonende Eingriffe mit geringem Holzanfall je Eingriff und Flächeneinheit bei gleichzeitig zahlreichen unterschiedlichen Sortimenten. Holzernte- und Aufarbeitsverfahren müssen daher in erster Linie Boden und Bestand schonen und für schwaches und starkes sowie für Laub- und Nadelholz gleicher-

maßen geeignet sein. Diese universell einsetzbaren und flexiblen Aufarbeitsverfahren erfordern i.d.R. Feinerschließungsnetze, die

- permanent konzipiert sowie
- eindeutig und permanent gekennzeichnet sind und die
- zur Vermeidung von Schäden an Bestand und Verjüngung möglichst geringe Abstände zwischen den einzelnen Feinerschließungslinien, zur Minimierung von Bodenschäden jedoch möglichst große Abstände aufweisen.

Unter dem Aspekt der Erholungsnutzung werden permanente Feinerschließungslinien sowie Maschineneinsatz im Wald grundsätzlich hinterfragt. Dies belegt eine kritische Haltung weiter Bevölkerungskreise gegenüber dem Nutzungsaspekt der Waldwirtschaft (z.B. SUDA 1998). Beispielhaft dafür ist die kritische Haltung vieler Waldbesucher gegenüber Erschließungslinien, die zwar die Begehbarkeit des Waldes verbessern, gleichzeitig jedoch – besonders unmittelbar nach Hiebsmaßnahmen - als naturfern empfunden und daher abgelehnt werden. Als Konsequenz dieser gesellschaftlichen Werthaltung sollten Feinerschließungsnetze

- wenig auffällig sein und
- weite Abstände aufweisen.

2.2 Ökonomie

Unter ökonomischem Aspekt sind bei der Konzeption von Feinerschließungsnetzen folgende Überlegungen zu berücksichtigen:

- Unter der Prämisse befahrbaren Geländes ist die **vollmechanisierte Aufarbeitung schwachen und mittelstarken Holzes kostengünstiger** als alle anderen Verfahren. Gleichzeitig sind bei diesen Verfahren auch die Rückekosten – wenn auch unterproportional – umso niedriger, je enger die Rückegassenabstände sind.

Hieraus leitet sich unter dem gegenwärtigen Stand der Technik die Forderung nach engen Rückegassenabständen her.

Im **Starkholz** unterscheiden sich die Kosten der motormanuellen Aufarbeitung nur wenig von denen der mechanisierten. Entscheidend sind vielmehr die bei mechanisierter Aufarbeitung deutlich und vom Rückegassenabstand **unabhängig** niedrigeren Rückekosten, da das Holz bereits an der Rückegasse liegt.

Für die Starkholzaufarbeitung sind enge Rückegassenabstände somit nicht oder nur wenig vorteilhafter als weite.

- Aus Kostengründen sowie aus Gründen der Ergonomie und der Unfallverhütung werden **mechanisierte Aufarbeitsverfahren** zunehmend auch **im Hang** eingesetzt.

Voraussetzung dafür sind i.d.R. Rückegassen. Feinerschließung im Hang in Form von Rückegassen verursacht jedoch erosionsbedingte Folgekosten - neben derzeit noch nicht quantifizierten ökologischen Erosionsschäden.

Derzeit liegt die Grenze der Mechanisierung bei etwa 35% - 40%, max. 45% durchschnittlicher Hangneigung. Entscheidend dafür ist zum einen die Maschinenteknik und zum anderen die psychische Belastung des Maschinenführers in Grenzsituationen der Befahrbarkeit.

- Der hohe Investitionsaufwand vollmechanisierter Holzerntesysteme erfordert eine **hohe Maschinenauslastung**. Witterungsbedingte Arbeitsunterbrechungen werden seltener. Kundenwünsche nach kontinuierlicher **just-in-time-Bereitstellung** und Lieferung von Holz erlauben ebenfalls immer **weniger jahreszeitliche oder witterungsbedingte Unterbrechungen von Holzernte und –aufarbeitung**.

Aus beiden Sachverhalten ergibt sich die Forderung nach permanenter Nutzbarkeit von Feinerschließungslinien. Für den Fall der Erschließung mit Rückegassen bedeutet dies die Forderung nach permanenter technischer Befahrbarkeit (nicht allerdings ganzjährig und bei jeder Witterung).

- Holzerntebedingte **Schäden an Bestand und Verjüngung** führen zu Mindererlösen. Neben verbesserten Arbeitsbedingungen des Maschinenführers (Höhe, Tiltmechanismus und Neigungskorrektur der Fahrerkabine) tragen enge Rückegassenabstände entscheidend zur Vermeidung von Bestandsschäden bei.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass unter der Prämisse der Feinerschließung mit Rückegassen **aus ökonomischer Sicht** enge Rückegassenabstände vorteilhafter sind als weite.

2.3 Technik

Technische (Weiter-) Entwicklungen wirken sich durch ihre ökologischen und ökonomischen Konsequenzen folgendermaßen auf Feinerschließungskonzepte aus:

- Die heute in der Holzernte und -aufarbeitung sowie beim Holzrücken eingesetzten **Maschinen sind leistungsfähiger, aber auch schwerer** geworden. Mit zunehmenden Maschinengewichten steigt die statische und dynamische Belastung des Waldbodens an. Dabei übertreffen die dynamisch wirkenden Kräfte (Kurvenfahrten, Fahrten am Hang, Hebelkräfte, Vibration usw.) die statischen i.d.R. um ein Vielfaches. Höhere Maschinengewichte führen – bei gleichbleibendem Kontaktflächendruck – zu **tieferreichenden Verformungen**. Je schwerwiegender, d.h. je tiefer reichend oder flächenmäßig umfangreicher Bodenschäden sind, desto mehr spricht für ihre Konzentration auf permanente Rückegassen. Maßnahmen zur Herstellung bzw. Erhaltung der technischen Befahrbarkeit von Rückegassen (Kap. 5) sind dann jedoch unvermeidbar. Mit dem Einsatz ökonomisch günstigerer leistungsfähiger Maschinen sind erhöhte Folgekosten für den Unterhalt der Rückegassen verbunden.
- Die verfügbaren Fahrzeuge, Aufarbeitungsaggregate und Kranhubkräfte erlauben eine bestandesschonende maschinelle Aufarbeitung auch von Starkholz

mit über 55 cm BHD. Limitierende Faktoren sind hier die Kranreichweite bzw. das bei gegebener Kranreichweite und gegebenem Gewicht des aufzuarbeitenden Stammes notwendige (Gegen-) Gewicht der Maschine. Hier scheinen **Entfernungs- bzw. Gewichtsgrenzen von gut 10 m Kranreichweite bzw. von gut 40 t Maschinengewicht** erreicht zu sein. In der Starkholzernte und -aufarbeitung wird daher auch in Zukunft eine motormanuelle Komponente (Zufällen) erhalten bleiben.

Verfahrensbezogene Forderungen nach Rückegassenabständen von weniger als 40 m leiten sich daher lediglich aus Holzerntemaßnahmen in jüngeren Stadien der Bestandesentwicklung ab.

- Auch in jüngeren Beständen existieren Reichweitengrenzen, die weniger technischer Natur (Kranreichweite) als vielmehr systembedingt (Systemkomponente „Mensch“) sind: Optimale Sicht und sichere Beherrschbarkeit von Maschine und zu manipulierendem Holz **beschränken die Breite der Aufarbeitungstreifen beiderseits von Rückegassen v. a. in stammzahlreichen Jungbeständen auf rund 10 m**. Die manuelle bzw. teilmechanisierte Bearbeitung des Zwischenstreifens erfordert hohen Mehraufwand (z.B. durch seilgestütztes Zufallbringen und Prozessoraufarbeitung auf der Gasse).

Daraus leitet sich entweder die Forderung nach Rückegassenabständen von ca. 20 m ab oder die Akzeptanz von motormanuellen Aufarbeitungskomponenten auch im schwachen und mittelstarken Holz.

Eine weitere Option ist die zeitweilige Auflassung jeder zweiten Rückegasse in Rückegassennetzen mit 20 m-Abständen nach der Erst- und Zweidurchforstung (BHD des ausscheidenden Bestandes im Mittel < 25 cm) für den Rest der Umtriebszeit (Kap. 6.1).

- An **technischen Weiterentwicklungen** sind denkbar:
 - Holzerntemaschinen mit Schreittechnik;
 - weiterentwickelte Faltkräne, deren größere Reichweiten nicht auf einem höheren Gewicht des Trägerfahrzeuges beruhen, sondern durch Zwischenabstützung erreicht werden;
 - Maschinen mit größeren Reichweiten aufgrund bauartbedingter Trennung von Fällaggregat an der Kranspitze und schwererem Aufarbeitungsaggregat am Maschinenkörper.

Die drei genannten technischen Lösungen reduzieren die von Bodenschäden betroffene Fläche:

- Die Schreittechnik reduziert flächige Bodenverformungen auf punktuelle (allerdings im Bereich der „Fußabdrücke“ intensivere) Bodenbeeinträchtigungen, die dem Gas- und Wasserfluss im Boden jedoch „bypass“-Möglichkeiten eröffnen.
- Faltkräne bzw. Maschinen mit getrennten Aggregaten erlauben gleiche bzw. größere Kranreichweiten und höhere Hubkräfte bei gleichbleibendem oder reduziertem Maschinengewicht. Damit reduzieren sie die er-

forderliche Rückegassenlänge je Flächeneinheit, in dem sie in technischer Hinsicht größere Rückegassenabstände erlauben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der **Stand der (Verfahrens-) Technik** je nach Bestandesstruktur unterschiedliche Rückegassenabstände erfordert bzw. ermöglicht:

- Im Starkholz sind Rückegassenabstände von 40 m und mehr ausreichend und zweckmäßig.
- Im Schwachholz sind Abstände von 30 m oder 20 m zweckmäßig (Kap. 6.1).

Den Berechnungen des an der FVA entwickelten Kalkulationsprogramms „Holzern-tekosten“ (Stand: 2002), der „Freiburger Tabelle“ (Stand 2002) sowie Versuchen der FVA/AWF zufolge belaufen sich die Kosten für den **technisch/ökonomischen Mehraufwand zugunsten eines verstärkten Bodenschutzes** kalkulatorisch auf:

- Ca. 5,- Euro je Festmeter für den Mehraufwand bei manuellem Zufällen und ggf. Seilvorlieferung aus den nicht kranerreichbaren Zwischenflächen bei einem Rückegassenabstand von 40 m anstelle von 20 m im schwachen und mittelstarken Holz.
- Ca. 10 - 12,- Euro je Festmeter für den Mehraufwand bei Seilkraneinsatz in Hanglagen oder auf Weichböden.

2.4 Waldbau

Die Befahrung von Waldbeständen führt je nach Bodenzustand und Belastung zu Folgeschäden an Böden und Bestand. Sie ist daher auf Rückegassen zu beschränken.

Aus waldbaulicher Sicht sprechen folgende **Nachteile** gegen **enge Rückegassenabstände** (bzw. längere Rückegassenränder je Flächeneinheit):

- **Flächenbezogene Zuwachsverluste** aufgrund des Ausscheidens von Wurzel-, d.h. Produktionsraum bei breiten Rückegassen (> 4 m) und/oder engen Rückegassenabständen (< 40 m);
- **Schäden an Stamm und Wurzeln** mit nachfolgendem Fäulebefall **der Rückegassen-Randbäume** mit der Folge von Vitalitäts- und Zuwachsverlusten; Fraglich ist allerdings, welche Bedeutung den Schäden an Rückegassen-Randbäumen (die nicht Z-Bäume sein sollen) vor dem Hintergrund z-baum-basierter Produktionsmodelle zugemessen wird;
- **Probleme bei der Auswahl von Z-Bäumen** (die nicht Rückegassen-Randbäume sein sollen);
- **Probleme bei der Bewirtschaftung von Z-Bäumen** infolge zusätzlichen Lichtungszuwachses von Konkurrenten an den Rückegassen-Rändern,

- Das Risiko der **technischen und ökologischen Destabilisierung** von Beständen **infolge Fäulnisbefalls rückegeschädigter Gassen-Randbäume**. Diesem Aspekt kommt umso größere Bedeutung zu, je schwerer die eingesetzten Maschinen sind, je häufiger Raupenfahrwerke zum Einsatz kommen, und je größer das Schadensausmaß dadurch verursachter mechanischer Wurzelverletzungen ist.
- Das Risiko der **technischen und ökologischen Destabilisierung** von Beständen durch die rückegassenbedingte **Unterbrechung des Bestandeschlusses**.

Lediglich ein Aspekt spricht aus waldwachstumskundlicher Sicht **für engere Rückegassenabstände**: Die Verringerung von Bestandes- und Verjüngungsschäden in den Zwischenflächen aufgrund der besserer Einsehbarkeit.

Zusammenfassend überwiegen somit aus **waldbaulicher Sicht** die Gründe für größere Rückegassenabstände und Rückegassenbreiten von nicht über 4 m.

2.5 Bodenkunde

Ökologische Befahrungsfolgen

Der ungeschützte Waldboden dient beim Forstmaschineneinsatz als Widerlager für alle Kräfte, die durch Eigengewicht, Fahrzeugbewegung und Arbeitssituationen auftreten. Unter den Rahmenbedingungen der derzeit im Einsatz befindlichen Maschinenteknik sowie den in Baden-Württemberg gegebenen Standortbedingungen ist eine Befahrung von Bestandesflächen ohne Beeinträchtigung essentieller Bodenfunktionen nicht möglich. **Bereits die erste Überfahrt verursacht tiefreichende und langanhaltende Bodenverformungen** durch die auflastenden Gewichte bzw. die einwirkenden Kräfte.

In ungestörten, strukturierten Waldböden haben Baumwurzeln auf kleinstem Raum Kontakt zu Wasser, Ionenvorräten der Festsubstanz sowie zur Bodenluft.

Durch die Befahrung verringern sich das Porenvolumen, die Porenkontinuität sowie die Transportleistung des Bodens für Wasser und Luft.

Da alle Gasaustauschprozesse über die Bodenoberfläche abgewickelt werden müssen, wirkt der befahrene **Oberboden als „Flaschenhals“** für den Gasaustausch zwischen Bodenluft und Atmosphäre. **Störungen des Oberbodens beeinträchtigen damit maßgeblich das Wurzelwachstum** (HILDEBRAND 1983, SCHACK-KIRCHNER et al. 1993, GAERTIG et al. 1999).

Es ist unwahrscheinlich, dass sich ein befahrungsbedingter Bodenschaden unmittelbar in einer Depression des Zuwachses oder einer verringerten Vitalität von Waldbeständen auswirkt. Baumphysiologische Anpassungsmechanismen können unter Normalbedingungen zu einer weitgehenden Kompensation der eingeschränkten Wurzelraumschließung führen. Bei Extremereignissen wie z.B. langanhaltender Trockenheit kann jedoch das mangelnde Wurzelraumpotenzial ein exi-

stenzielles Risiko darstellen. Das Absterben wird dann i.d.R. jedoch nicht mehr der prädisponierenden Befahrung, sondern dem vordergründig auslösenden Faktor der Trockenheit zugeordnet.

Verformungsunempfindliche Substrate wie z.B. grobskelettreiche und tonige Böden in befahrbaren Lagen nehmen in Baden-Württemberg einen untergeordneten Flächenanteil ein. Tab. 1 zeigt eine Übersicht über Bodenartengruppen und eine Einschätzung der Befahrungsempfindlichkeit der digital erfassten standortskartierten Waldfläche Baden-Württembergs (Grundlage: Standortskartierung Baden-Württemberg, Stand der digital erfassten Fläche Ende 2002: Ca. 835.000 ha).

Tab. 1: Einschätzung der Befahrungsempfindlichkeit und Vorkommen verschiedener Bodenarten- bzw. Substratgruppen im öffentlichen Wald Baden-Württemberg

Bodenarten-/Substratgruppe	Flächenanteil	Befahrungsempfindlichkeit		Hangneigung	
		boden-ökologisch	technisch	Ebene, Hänge geringerer Neigung	Steilhänge/Sonderstandorte
Tone, Zähtone, Mergeltone	2%	-	+	98 %	2%
Kalkverwitterungslehme, Mergelböden	7%	-	+/-	89%	11%
Tonlehme	3%	+	+	100%	-
Schlufflehme	24%	+	+	94%	6%
schluffige, sandige, sandig-tonige, grusige und steinige Lehme	12%	+	+	88%	12%
schwach lehmige bis lehmige Sande und Feinsande, lehmige Grusböden und Grushänge, Kies- und Schotterlehme	34%	+/-	+/-	74%	26%
Lehmfreie bis schwach lehmige Sand-, Grus-, Kies- und Steinschuttböden	10%	-	-	36%	64%
Blockhänge, Blocklagen und Felshänge	3%	-	-	34%	66%
Substrate mit großer bodenartlicher Bandbreite	4%	+/-	+/-	41%	59%
Standorte mit mehr als 20 cm organischer Auflage, v.a. Moore und Müssen	1%	+/-	+/-	82%	18%

- = unempfindlich +/- = teils empfindlich/teils unempfindlich + = empfindlich

In Tabelle 1 werden die in Baden-Württemberg vorkommenden Substrate getrennt nach ihrer **bodenökologischen** und ihrer **technischen Befahrungsempfindlichkeit** sowie getrennt nach ihrem Vorkommen in flachen bis flach geneigten bzw. steilen und schwierigen Lagen dargestellt:

Auf 40% der Waldfläche ist von einer sehr hohen bodenökologischen Schadensempfindlichkeit der Substrate auszugehen. Die flächenmäßig bedeutende Gruppe der lehmigen Sande und Feinsande, der lehmigen Grus-, Kies- und Schotterböden ist in ihrer bodenökologischen Empfindlichkeit nicht eindeutig zuordenbar: Neben bodenökologisch weniger sensibel ausgeprägten Standortseinheiten finden sich in dieser Gruppe auch empfindliche lehmbetonte Substrate. Die Entscheidung, ob und zu welchen Anteilen die betreffenden Flächen als sensitiv eingestuft werden, kann nur im Einzelfall getroffen werden. Grundlage dieser Entscheidung sind die lokalen Standortsgegebenheiten, die der Standortskarte bzw. der Bilanz der vorkommenden Standortseinheiten in Zusammenschau mit Tab. 1 zu entnehmen sind. Der örtlichen Betriebsebene obliegt hier eine besondere Verantwortung und Sorgfaltspflicht. Das gleiche gilt für die als „teils empfindlich/teils unempfindlich“ eingestuftes Mischsubstrate und organischen Auflagen.

Rund 50% der bodenökologisch unempfindlichen Substrate befinden sich in nicht befahrbaren Lagen.

Eine hohe Sensibilität im Hinblick auf die technische Befahrbarkeit ist nicht zwangsläufig mit einer hohen bodenökologischen Empfindlichkeit verbunden. Tonige Substrate, bei denen durch tiefe Gleisbildung die Befahrbarkeit bei ungünstiger Witterungslage i.d.R. nach wenigen Überfahrten empfindlich gestört ist, weisen aufgrund ihres physikalischen Regenerationspotentials durch Quellen und Schrumpfen eine vergleichsweise geringe bodenökologische Befahrungsempfindlichkeit auf (zur Bedeutung der technischen Befahrbarkeit für die Wahl des geeigneten Feinerschließungsmittels sowie der Bedeutung der bodenökologischen Befahrungsempfindlichkeit für die Wahl der Rückegassenabstände s. Kap. 3.2).

Befahrung von Hängen

Zum bereits beschriebenen grundsätzlich auch in Hanglagen vorhandenen ökologischen Schadenspotenzial kommt bei der Befahrung von Hängen (> 30% Hangneigung) die Gefahr von Bodenverlusten durch **Erosion** als weiteres Bodenschutzproblem hinzu. Dieses betrifft v.a. die niederschlagsreichen, mit langen Hängen ausgestatteten Lagen des Schwarzwaldes. Die Verdichtung der Böden und die dadurch induzierte mangelnde hydraulische Leitfähigkeit kann in Hangsituationen zu oberflächlichem Wasserabfluss und Abtrag von Bodensubstanz führen. Die Abschätzung des befahrungsbedingten Erosionspotenzials in Steillagen (Abhängigkeit von der Hangneigung, Länge des Hanges sowie der Erosivität von Niederschlagsereignissen) wird derzeit untersucht.

Regeneration von Befahrungsschäden

Über die Regeneration von Befahrungsschäden ist das Wissen derzeit noch unzureichend.

Untersuchungen auf verdichtungsempfindlichen Feinlehmen weisen **auch nach über einem Jahrzehnt** nach der Befahrung mit leichten Forstmaschinen (frühe 80er Jahre) noch **deutliche Belüftungsstörungen** in Fahrspuren nach. Die neue Qualität der durch besonders schwere Maschinen (> 20 t Gesamtgewicht) ausgelösten tieferreichenden Bodenverformungen birgt ein zusätzliches, derzeit noch schwer abschätzbare **Risikopotenzial**.

Mechanische Lockerung von Befahrungsschäden

Mechanische Lockerungsverfahren zur Regeneration der Bodenstruktur sind auf Waldböden nur dann sinnvoll, wenn gleichzeitig die Etablierung einer Bodenvegetation und einer Bodenorganismenpopulation gelingt, die diesen gelockerten physikalischen Lagerungszustand stabilisiert. Erfahrungen mit einer flächigen Spatenbearbeitung zeigen eine günstigere Bodenstruktur und Durchwurzelung lediglich direkt im Bereich der Spateneinstiche. Ein Übergreifen von diesen Zonen auf die zwischen den Einstichen stehengebliebenen, verdichteten Bodenbereiche hat auch nach mehr als einem Jahrzehnt noch nicht stattgefunden (GAERTIG et al. 2000).

Zusammenfassend ist die Befahrung von Waldböden mit schweren Maschinen aus **bodenkundlicher Sicht** folgendermaßen zu beurteilen:

Nicht erfassbare bzw. nicht abschätzbare Wechselwirkungen zwischen standörtlichen, maschinenbedingten und verfahrenstechnischen Faktoren machen Prognosen von Bodenschäden und die Formulierung von Grenzwerten für einen ökosystemverträglichen Maschineneinsatz unmöglich. Nachhaltige forstliche Bodenbewirtschaftung setzt deshalb die Etablierung eines generellen Vorsorgeprinzips unter Berücksichtigung folgender Grundregeln voraus:

- Die Vermeidung flächiger Befahrung zugunsten der Konzentration von Bodenschäden auf der Rückegasse;
- Beschränkung der Befahrung auf möglichst weitmaschige Feinerschließungslinien;
- Rückegassensysteme sind permanent anzulegen, um eine Addition von befahrenen Flächen zu vermeiden;
- Nutzung aller technischen Möglichkeiten zur Erhaltung der technischen Befahrbarkeit der Rückegassen;
- Die Breite von Rückegassen und damit die Breite der durch Befahrung nachhaltig geschädigten Trassenfläche soll nicht mehr als 4 m betragen. Erhaltung auch beschädigter Trassenrandbäume, um eine „schleichende“ Verbreiterung der Rückegassen zu vermeiden.

Folgende Überlegung kann hilfreich sein, um die Grenzen einer tolerablen Befahrungsdichte abzustecken: Bei einem Rückegassenabstand von 40 m und einer Rück-

kegassenbreite von 4 m beträgt der befahrene Flächenanteil, in dem die Wurzelraumfunktion des Bodens beeinträchtigt ist, 10%. In der ökologischen Forschung orientiert man sich bei Risikoabschätzungen üblicherweise an einer statistischen Signifikanzschwelle von 10%, so dass eine Beeinträchtigung von Systemfunktionen in solchem Umfang als tolerierbar bewertet würde.

2.6 Landespflege und Naturschutz

Feinerschließungsmaßnahmen dürfen gesetzlich **geschützte Waldbiotope** (§ 24 a NatschG; 30a LwaldG) und **Lebensraumtypen und Lebensstätten von Arten in NATURA 2000-Gebieten** (Art. 6 Abs. 2 FFH-RL; § 26b NatschG) weder zerstören noch erheblich beeinträchtigen. In Fällen, in denen eine erhebliche Beeinträchtigung nicht ausgeschlossen werden kann, ist die Untere Naturschutzbehörde zu beteiligen (Verträglichkeitsprüfung).

Geschützte Waldbiotope sind insbesondere Feuchtgebiete wie Fließgewässer, Moore, Sümpfe, Auewälder an Fließgewässern sowie kleinflächige Trockenbiotope, aber auch Waldbestände mit schützenswerten Pflanzen (z.B. Frauenschuh; Diptam) und schützenswerten Tieren (z.B. Spechtbäume).

Unter „erheblichen Beeinträchtigungen“ können insbesondere folgende Maßnahmen verstanden werden:

- Wegeneubau (Fahrwegeneubau; Maschinenwegbau sowie Ausbau einer Rückegasse zu einem Maschinenweg) in einem Waldlebensraumtyp unter 50 ha;
- Bodenverdichtung durch flächiges Befahren;
- Veränderungen des Wasserhaushaltes (Veränderung von Fließgewässern, Neuanlage oder Erweiterung von Drainagen; Verdolung), soweit die Erhaltungsziele dadurch erheblich beeinträchtigt werden;
- Übererschließung.

In **Wasserschutzgebieten** der Schutzzone II, insbesondere auf Standorten mit hoch anstehendem Grundwasser, sind Maßnahmen der Feinerschließung auf ihre Vereinbarkeit mit der jeweiligen Schutzgebietsverordnung zu überprüfen.

2.7 Zusammenfassung

Aus der vergleichenden Betrachtung der z.T. gegenläufigen technisch/ökonomischen Forderungen sowie den bodenökologischen, waldbaulichen und landespflegerisch-naturschutzrechtlichen Rahmenbedingungen lassen sich folgende Eckdaten für die Konzeption von Feinerschließungsnetzen formulieren:

- Flächenhafte Befahrung ist nicht zu tolerieren.
- Befahrung ist auf Maschinenwege und Rückegassen zu konzentrieren.
- Rückegassen sind als permanente Erschließungsmittel zu betrachten, entsprechend zu dokumentieren und wiederauffindbar zu kennzeichnen (Kap. 4) sowie permanent befahrbar zu halten (Kap. 5).

- Rückegassen werden grundsätzlich nicht befestigt
- Auf bodenökologisch **unempfindlichen** Böden in Flachlagen (ebene Lagen und Hängen geringer Neigung) sind Rückegassenabstände von 20 m vertretbar, ebenso auf bodenökologisch **teils empfindlichen/teils unempfindlichen** Böden mit der Maßgabe der Auflassung jeder zweiten Rückegasse nach der Erst- und Zweidurchforstung (durchschnittlicher BHD ausscheidender Bestand < 25 cm) (Kap. 6.1).
Auf bodenökologisch **empfindlichen** Böden sind zu dichte Rückegassennetze durch Auflassung von Rückegassen dem Abstand von 40 m anzupassen. Lediglich bei systematischer Altersschließung auf bodenökologisch **unempfindlichen** und **teils empfindlichen, teils unempfindlichen** Böden kann auf die Auflassung verzichtet werden, sofern Mindestabstände von 20 m nicht unterschritten werden. Stattdessen ist diese Altersschließung weitestgehend und ohne die Anlage zusätzlicher Rückegassen zu übernehmen.
- Die Breite von Rückegassen beträgt maximal 4 m.
- Die gesetzlichen Vorgaben (Wald-, Boden-, Wasser- und Naturschutzrecht) für Maßnahmen der Feinerschließung sind zu beachten.

Da es sich bei diesen Festlegungen um eine Optimierungsaufgabe bei unklaren und - im technischen Bereich - sich wandelnden Randbedingungen handelt, wurde nicht ein durchgängig gültiger Regelabstand vorgegeben. Vielmehr werden **unterschiedliche Rückegassenabstände** zugelassen, die sich hinsichtlich ihres Rahmens an Aspekten des Bodenschutzes, an der derzeit technisch-ökonomischen Machbarkeit sowie an der vorhandenen Altersschließung orientieren.

Dieser Rahmen ist in der Verantwortung der Betriebsleitung und in Orientierung an die lokalen Gegebenheiten auszufüllen.

3. Zustandserfassung, Analyse und Anpassung von Feinerschließungsnetzen

Die in Kap. 2 hergeleiteten Rahmenbedingungen für Feinerschließung sind die Basis der jeweils konkreten Anpassung bzw. Optimierung von Feinerschließungsnetzen. Grundlage der Optimierung ist – neben den natürlichen (Gelände, Boden und Bestand) und verfahrenstechnischen Gegebenheiten – die vorhandene Erschließung (siehe Ablaufschema in der Anleitung zur Richtlinie).

Ihrer Aufnahme, Dokumentation und Analyse kommt insbesondere vor dem Hintergrund des künftig permanenten Charakters von Feinerschließungsnetzen besondere Bedeutung zu und rechtfertigt den damit einhergehenden Aufwand.

3.1 Zustandserfassung vorhandener Feinerschließungsnetze

Aufnahmeeinheit für die Erfassung der vorhandenen Feinerschließung ist die Abteilung bzw. die in einer Abteilung vorhandene Grunderschließung aus Fahr- und ggf. Maschinenwegen. Bestände sind als Erfassungseinheit weniger geeignet, da

ihre Grenzen veränderlich und – insbesondere bei dauerwaldartigen Strukturen – schlecht erkennbar sowie zunehmend entbehrlich sind.

Bei der Aufnahme und Dokumentation der vorhandenen Erschließung sind folgende Aspekte bzw. Vorgehensweisen zu beachten:

- Der Sonderfall einer Neu- oder Ersterschließung ist selten (Kap. 6.1). Vielmehr ist in Flachlagen (Ebene und flach geneigte Hänge < 30%) vom Vorhandensein mehr oder weniger systematischer Rückegassennetze auszugehen, in Hanglagen von einer Grunderschließung durch Maschinenwege.
- Für die Zustandserfassung eignen sich gebräuchliche Methoden der Forstvermessung (Kompaß und Schrittmaß; bussolengestützte Polygonzüge) ebenso wie hochtechnisierte, computer- und satellitengestützte Aufnahmeverfahren (Kap. 4).
Das jeweils vorteilhaftere Verfahren ist im Einzelfall in Abhängigkeit von finanziellen und technischen Mitteln, Arbeitskapazität und evtl. zeitlicher Priorisierung festzulegen.
- Zur Rekonstruktion alter und zur Erfassung vorhandener Erschließung sind insbesondere auch alte Karten und/oder Luftbilder heranzuziehen.

Im **ersten Verfahrensschritt „Zustandserfassung“** werden die vorhandenen Feinerschließungslinien bzw. Fahrtrassen oder Fahrspuren anhand der Merkmale „Neigung“, „Breite“ sowie „(Ausbau-)Standard bzw. technische Befahrbarkeit“ aufgenommen, und anschließend entsprechend den geltenden Begriffsbestimmungen (Kap. 1.3) nach der folgenden **Entscheidungshilfe 1** klassifiziert:

Entscheidungshilfe 1: „Technischer Standard von Feinerschließungsmitteln

	Seiltrasse	Rückegasse	Maschinenweg
Neigung	indifferent	≤ 40% (max. 45%)	≤ 15%
Breite	2 – 3 m	≤ 4 m	≤ 4 m
Ausbaustandard	bestockungsfrei	bestockungsfrei; nicht befestigt; Einmündungen evtl. punktuell befestigt	bestockungsfrei; durchgehend planiert; (stellenweise) befestigt

Fahrspuren und Fahrtrassen aus – oft unregelmäßiger – Altbefahrung sind entsprechend ihrer Merkmale als „potenzielle“ Rückegassen oder Maschinenwege aufzunehmen und zu klassifizieren. Anschließend werden die vorhandenen Seiltrassen,

Rückegassen und Maschinenwege in eine vorläufige Feinerschließungskarte mit einem Maßstab von möglichst kleiner 1 : 2000 übertragen (Dokumentation von Feinerschließungsnetzen; Kap. 4.2). Diese Karte ist Grundlage für die Analyse der Erschließungssituation und die anschließend eventuell notwendige Anpassung des permanenten Feinerschließungsnetzes.

3.2 Analyse vorhandener Feinerschließungsnetze

Beurteilungseinheit für die Analyse der vorhandenen und die Planung der künftigen permanenten Feinerschließung ist die Erschließungssituation zweier oder mehrerer benachbarter Abteilungen. Feinerschließungsnetze sind weniger von geometrischen Einteilungen wie den Abteilungsgrenzen abhängig, als vielmehr von der Grunderschließung und der Geländesituation. Weiterhin benötigen seilkrangestützte Aufarbeitungsverfahren einen Mindestanfall aufzuarbeitenden Holzes.

Im **zweiten Verfahrensschritt „Eignungsprüfung“** (Entscheidungshilfe 2) wird die Eignung der vorhandenen Feinerschließungsmittel für die jeweilige Geländesituation, die Bodeneigenschaften und die Ausprägung spezieller Waldfunktionen, z.B. Biotope überprüft. Mit zunehmender Hangneigung, Blocküberlagerung und **technischer** Befahrungsempfindlichkeit des Bodens (Tab. 1, S. 9) werden Maschinenweg- und Seiltrassenerschließung gegenüber der Anlage von Rückegasse konkurrenzfähiger, da der Aufwand für die Erhaltung der technischen Befahrbarkeit zunimmt, und Rückegassen nicht befestigt werden dürfen. Bei schutzwürdigen Biotopen und NATURA 2000-Gebieten ist eine Einzelfallprüfung erforderlich.

Entscheidungshilfe 2 „Feinerschließungsmittel in Abhängigkeit von Geländemorphologie und Substrat“

		Blocküberlagerung; Weichböden	technische Befahrungsempfindlichkeit des Substrates (aus Tab. 1, S. 9)		
			unempfindlich	teils empfindlich/ teils unempfindlich	empfindlich
Flachlagen	eben	MW; ST	RG	RG	RG; MW; ST
	< 30%	MW; ST	RG	RG	ST; MW
Hanglagen	30–40% max. 45%	ST; MW	RG; MW	MW; RG	ST
	> 45%	ST; MW	MW; ST	MW; ST	ST

ST = Seiltrasse; RG = Rückegasse; MW = Maschinenweg; die Reihenfolge konkurrierender Feinerschließungsmittel bedeutet eine Priorisierung.

Die für Gelände und Boden geeigneten Feinerschließungsmittel werden im **dritten Verfahrensschritt „Zweckmäßige Beurteilung“** (Entscheidungshilfe 3) hin-

sichtlich ihrer Linienführung und Erschließungswirkung beurteilt: Dazu wird analysiert, ob die vorhandenen Rückegassen, Seiltrassen und Maschinenwege nach Lage und Verlauf zweckmäßig sind, und ob sie zusammenhängende und/oder einander ergänzende Rückegassen- bzw. Seiltrassen-Netze oder Systeme von Maschinenwegen ergeben.

Entscheidungshilfe 3 unterstützt diese Zweckmäßigkeitsbeurteilung durch eine systematische Zusammenstellung der Beurteilungskriterien.

Entscheidungshilfe 3 „Linienführung von Feinerschließungsmitteln“

	Seiltrasse	Rückegasse	Maschinenweg
Linienverlauf	verfahrensabhängig; parallel	Verfahrens- sowie gelände- und bodenabhängig; möglichst parallel	gelände- und bodenabhängig; möglichst parallel
Linienführung	gestreckt	möglichst gestreckt	gelände- und bodenabhängig
	in Falllinie	Flachlagen < 30% Neigung: rechtwinklig zur Grunderschließung Hanglagen > 30% Neigung: in Falllinie	hangparallel mit max. 15% Steigung
Abstände	verfahrens- und geländeabhängig; gleichmäßig	Flachlagen < 30% Neigung: 20 m: auf unempfindlichen Böden 20/40 m: 20 m für die Erst- und Zweitudurchforstung (BHD < 25 cm): nach Abwägung auf teils empfindlichen, teils unempfindlichen Böden 20 - 40 m: auf unempfindlichen sowie teils empfindlichen, teils unempfindlichen Böden entsprechend der jeweiligen (systematischen) Alterschließung 40 m: auf empfindlichen Böden Hanglagen > 30% Neigung: grundsätzlich 40 m	gelände- und bodenabhängig; 80 - 150 m; gleichmäßig

Rückegassen, Seiltrassen und Maschinenwege sind abteilungsübergreifend, unter besonderer Berücksichtigung der Fahrspuren und Fahrtrassen sowie unter Berücksichtigung ihrer Linienführung (gemäß Entscheidungshilfe 3) zu analysieren und nach folgenden Kriterien zu beurteilen:

- **Seiltrassen** v.a. nach verfahrenstechnischen Gegebenheiten;
- **Maschinenwege** v.a. nach geländemorphologischen und bodenartigen Zwangspunkten;

- **Rückegassen** nach ergonomischen und verfahrenstechnischen Erfordernissen einerseits und nach Geländemorphologie (v.a. in Hanglagen) sowie Substraten (v.a. in Flachlagen) andererseits. Es gelten folgende Prüfkriterien:
 - gestreckte Linienführung, paralleler Verlauf (zusammenlaufende, ineinander einmündende Rückegassen sind vorprogrammierte Schwachstellen);
 - in Hanglagen: Verlauf unter Berücksichtigung geländemorphologisch bedingter Zwangspunkte bei gestreckter Linienführung i.d.R. in Richtung des größten Gefälles;
 - in Flachlagen: Verlauf unter Berücksichtigung bodenartlicher Zwangspunkte und Zwangswechsel bei gestreckter Linienführung i.d.R. rechtwinklig zur Grunderschließung;
 - bogenförmige, gefällsausgegliche Einmündungen in Erschließungslinien höherer Ordnung;
 - Abstände: nach bodenökologischer Befahrungsempfindlichkeit (aus Tab. 1, S.9).

3.3 Anpassung vorhandener Feinerschließungsnetze

Unter Berücksichtigung ihres technischen Standards (Entscheidungshilfe 1), ihrer Eignung für Gelände und Boden (Entscheidungshilfe 2) sowie ihrer Linienführung (Entscheidungshilfe 3) sind die vorhandenen Feinerschließungsmittel möglichst ohne weitere Maßnahmen zu zusammenhängenden und/oder einander ergänzenden Rückegassen- oder Seiltrassen-Netzen bzw. Maschinenweg-Systemen zusammenzuführen.

Soweit ausnahmsweise Bedarf nach **Ergänzung, Erweiterung oder Korrektur** der gegebenen Feinerschließungssituation besteht, sind die vorhandenen Feinerschließungslinien und insbesondere alte Fahrtrassen dem bestehenden Netz oder System ein- oder anzugliedern und in (erschließungs-) technischer Hinsicht anzupassen. Konkrete **Maßnahmen** dazu können sein:

- Ausweisung von Fahrtrassen als Rückegassen;
- Punktuelle Korrektur der Linienführung von Rückegassen oder Maschinenwegen;
- in Flachlagen nur ausnahmsweise: Neuanlage von Rückegassen;
- in Hanglagen: Neukonzeption und Neuanlage eines Rückegassennetzes unter Berücksichtigung der vorhandenen Maschinenwege (Kap. 6.1);
- Ausbau von Rückegassen zu Maschinenwegen zur Erschließung großflächiger Weichbodenareale (unter Beteiligung der Forstdirektion).

Die Nutzung vorhandener Fahrtrassen hat – auch unter Inkaufnahme suboptimaler Erschließung – absoluten Vorrang vor der Neubefahrung bisher ungestörter Waldbodens.

4. Dokumentation von Feinerschließungsnetzen

Über die Erfassung der Erschließungssituation (Kap. 3.1) hinaus erfordern permanente Feinerschließungsnetze eine dauerhafte Dokumentation in der Karte und eine Kennzeichnung im Gelände. **Dokumentation und Kennzeichnung haben folgende Funktionen:**

- Erfassung der Erschließungssituation als Grundlage für Analyse und ggf. Anpassung oder (Neu-) Konzeption eines Feinerschließungsnetzes (Kap. 6.1);
- Gewährleistung der Konzentration künftiger Befahrung – auch im Kalamitätsfall (Kap. 6.3) – auf festgelegte, permanente Fahrtrassen (Kontrollmöglichkeit);
- Minimierung der Neubefahrung ungestörten Waldbodens;
- Sicherung und dauerhafte Bereitstellung erschließungsbezogener Informationen vor dem Hintergrund personeller und organisatorischer Veränderungen;

Details zur organisatorischen Einbindung und zum zeitlichen Ablauf der Kennzeichnung und Dokumentation von Feinerschließungsnetzen werden gesondert geregelt.

4.1 Im Gelände

Die zweifelsfreie und eindeutige Kennzeichnung von Rückegassen im Gelände verhindert Neubefahrung und/oder schleichende Verbreiterung vorhandener Fahrtrassen infolge seitlich zueinander versetzter Fahrspuren. Insbesondere in stammzahlarmen (Alt-) Beständen, in denen eindeutige Gassenrandbäume fehlen, hat dieser Aspekt überragende Bedeutung für den Bodenschutz. – Ein für alle Situationen geeignetes „Bestverfahren“ der Kennzeichnung steht derzeit nicht zur Verfügung.

Rückegassen können im Gelände mittelbar, d.h. durch Kennzeichnung ihrer Grenzen bzw. Ränder oder unmittelbar, d.h. durch die Kennzeichnung der Rückegassenfläche selbst oder von Teilen davon, sichtbar gemacht werden.

Für die **mittelbare Kennzeichnung** (der Rückegassenränder) kommen folgende Verfahren in Betracht:

- die Markierung der Randbäume durch Signierfarbe, Trassierband oder Hochastung und
- die Markierung der Gassenränder durch das Belassen von „Stöcken“ (0,8 m bis 1,5 m hohe Stöcke) der ausscheidenden Randbäume.

Markierungen mit Farbe oder Band haben den Nachteil nur zeitlich begrenzter Erkennbarkeit, und dies auch nur bei hoher Stammzahl und homogener Bestandesstruktur.

Diese Einschränkungen gelten auch für die Methode der Hochastung. Hier fällt der Nachteil der nur zeitlich begrenzten Erkennbarkeit weg, der des vergleichsweise hohen Aufwandes kommt jedoch hinzu.

Die Stöcke-Methode kann Arbeitsabläufe behindern und Praxiserfahrungen zeigen, dass mit zunehmendem Bestandesalter zusätzliche Markierungen zur eindeutigen Kennzeichnung notwendig werden.

Allen indirekten Methoden gemeinsam ist ihre im Kalamitätsfall nur noch (stark) eingeschränkte Markierungsfunktion.

Für die **unmittelbare Kennzeichnung** der Rückegasse kommen folgende Verfahren in Betracht:

- (Punktuelles) Sichtbarmachen der Rückegassenfläche durch Auslassen von Pflanzreihen bzw. Auspflanzen mit speziellen Baumarten, Fräsen/Mulchen sowie die (punktuelle) Stabilisierung von Gassenfläche oder Gasseneinmündungen;
- Kennzeichnung des Rückegassenverlaufes durch permanent sichtbare bzw. wiederauffindbare Markierungen wie Holzpfähle oder Metallstäbe.

Die **Praxistauglichkeit** von Methoden des (punktuellen) Sichtbarmachens der Rückegassenfläche ist folgendermaßen zu beurteilen:

- Fahrspuren und Reisigmatten haben den Nachteil der eingeschränkten Wiederauffindbarkeit in Verjüngungsbeständen und im Kalamitätsfall. Reisigmatten kommen darüber hinaus ohnehin nur für Nadelholzbestände in Frage und sind nur zeitlich begrenzt vorhanden bzw. sichtbar.
- Die Markierung von Linien durch Baumartenwahl oder Bestockungsfreiheit hat nur für frühe Stadien der Bestandesentwicklung den erwünschten Effekt. Im Kalamitätsfall ist auch das fraglich.
- Fräsen, ggf. in Kombination mit nachfolgendem, evtl. wiederholtem Mulchen macht Feinerschließungslinien durch das Entfernen der Stöcke überhaupt erst zu (schlepper-) befahrbaren Rückegassen und hält sie zumindest in frühen Stadien der Bestandesentwicklung oder in der Verjüngungsphase offen. Die Wirkung dieser Verfahren bei Kalamitäten ist jedoch ebenfalls fraglich.
- Die – punktuelle – Befestigung der Einfahrten von Rückegassen kann ihre Wiederauffindbarkeit auch nach längerer Zeit und im Kalamitätsfall sicherstellen. Aus ökologischen und ökonomischen Gründen ist jedoch eine – auch nur punktuelle – Befestigung ausschließlich zum Zwecke der Markierung zu unterlassen.

4.2 In der Karte

Grundlagen für die Dokumentation des Feinerschließungsnetzes können prinzipiell sowohl mit händischen **Vermessungsmethoden** wie auch digital erhoben werden:

- Bei herkömmlichen Vermessungsmethoden wird das Gassennetz mit Fluchtstäben, Maßband und Kompass eingemessen und anschließend in eine entsprechende Karte übertragen.

Bei diesem Verfahren empfiehlt es sich, die Rückegassendaten bei der Erstanlage zu erfassen. Nachträgliche Datenerhebungen sind zeit- und kostenintensiv, werden in vielen Fällen jedoch nicht vermeidbar sein.

- Digitale, satelliten- und edv-gestützte GPS-Verfahren (**Global Positioning System**) ermöglichen die automatisierte Aufnahme und Verarbeitung von Daten zum Rückegassenverlauf sowie ihren Import und ihre Bearbeitung in **geographischen Informations- und Dokumentationssystemen** (GIS bzw. FOGIS), d.h. die computergestützte Herstellung von Wegekarten. Ersten Versuchen zufolge ist die Genauigkeit der digitalen Daten ausreichend für das exakte Wiederauffinden der Rückegassen.

Vorteile dieses Verfahrens sind – neben der automatisierten Kartenherstellung – die Möglichkeit, auf der vorhandenen Datenbasis Feinerschließungsnetze am Computer optimieren zu können. Weiterhin stehen die Erschließungsdaten unmittelbar für die Forstmaschinennavigation zur Verfügung.

Nachteilig sind die hohen Kosten insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Nutzung der Daten sich bislang im Wesentlichen auf die Kartenherstellung beschränkt. Die Kosten könnten allerdings deutlich reduziert werden, wenn die Daten bei Maschineneinsätzen im laufenden Betrieb gewonnen werden. Bei einer Kosten-Nutzen-Analyse kommt der optionalen Nutzung der Daten in/für Logistikketten und Navigationssysteme entscheidende Bedeutung zu.

Eine GIS-gestützte Aufnahme der Rückegassen auf großer Fläche ist derzeit allerdings nicht realisierbar.

5. Erhaltung der technischen Befahrbarkeit von Rückegassen

Permanente Rückegassennetze müssen dauerhaft befahrbar sein. **Ausweichfahrten** neben der Rückegasse und die Anlage neuer Ersatz-Rückegassen neben technisch nicht mehr befahrbaren **sind nicht zu tolerieren**. Daher sind organisatorische, technische und verfahrenstechnische Möglichkeiten auszuschöpfen, um die Befahrbarkeit von Rückegassen langfristig zu gewährleisten und Gleisbildung zu vermeiden.

- **Technische Maßnahmen am Fahrzeug** wie Breitreifen und Reifen größeren Durchmessers, Ketten und vor allem Bänder sowie verringerter Reifeninnendruck verteilen die einwirkenden Kräfte auf größere Aufstandsflächen. Dadurch wird der Kontaktflächendruck und die Gefahr von Bodenverformungen, die die Befahrbarkeit der Rückegasse beeinträchtigen, verringert. Gleichzeitig wird die Traktion erhöht und der Schlupf verringert. Erhöhte Achsenzahl sowie bauartbedingt verringerte Radlasten vermindern bei gleicher Aufstandsfläche ebenfalls die einwirkende Kraft. Stufenloser Antrieb und lastschaltbare Getriebe erhöhen die Traktion, vermeiden Schlupf und verringern schierend wirkende Belastungsspitzen. In der Spurweite variable Fahrwerke ermöglichen eine optimale Ausnutzung der Rückegassenbreite in fahrtechnischer Hinsicht.

- Wesentlichen Einfluss auf die technische Befahrbarkeit haben Bodenart und Wassergehalt zum Zeitpunkt der Befahrung. Die Verformungsintensität und die Gefahr viskosen Fließens verbunden mit tiefen Gleisbildungen ist bei trockenen und gefrorenen Böden deutlich geringer als bei wassergesättigten Böden.

Die wichtigste **organisatorische Möglichkeit** ist daher die Vermeidung von Überfahrten auf befahrungsempfindlichen Substraten im Zustand hoher Wassersättigung. Dazu ist eine – ggf. über Forstbezirksgrenzen hinausgehende – Hiebsplanung notwendig, die in Abhängigkeit von Witterung und Substrat Hiebsorte mit ausreichendem Arbeitsvolumen freigibt oder ausschließt. Weiterhin sind Ausweicarbeiten (vorgeliefertes Holz) entlang fester Wege zu planen.

Grundsätzlich sind Aufarbeitungssysteme unter dem Aspekt der Erhaltung der technischen Befahrbarkeit um so problematischer zu beurteilen, je höheren Organisationsaufwand und je höhere Maschinenauslastung sie erfordern. Mit höherem Organisationsaufwand und höherem Zwang zur Auslastung sinkt die Bereitschaft zu witterungsbedingten Arbeitsunterbrechungen, obwohl diese Unterbrechungen gerade im Hinblick auf die Maschinengewichte von Vollernern und Forwardern angezeigt wären. Die einmalige Überfahrt eines beladenen Forwarders bei wassergesättigtem Boden kann eine Rückegasse unpassierbar machen.

Grundsätzlich erlauben Aufarbeitungsverfahren, die das Vorrücken vom Rücken trennen sowie sortimentweises Rücken eine verbesserte Berücksichtigung des witterungsabhängigen Bodenzustandes, d.h. eine Arbeitsunterbrechung beim Eintritt ungünstiger Witterung.

Die Verformungsintensität resultiert weiterhin aus dem Gesamtgewicht der eingesetzten Maschinen. Überdimensionierte Aufarbeitungs- und Transportaggregate führen zu unnötigen Belastungen der Fahrtrassen.
- Wichtigstes **verfahrens- bzw. erschließungstechnisches Mittel** ist eine gerade, d.h. gestreckte Linienführung der Rückegassen sowie ausreichende Kurvenradien, insbesondere an Einmündungen. Damit werden unnötige Lenk- bzw. Fahrzeugbewegungen und –drehungen vermieden und schierend wirkende Bodenbelastungen verringert.

Wesentlich sind weiterhin ein paralleler Rückegassenverlauf und das Einmünden von Rückegassen direkt in Fahrwege, nicht in andere Rückegassen. Zusammenlaufende, ineinander einmündende Rückegassen sind vorprogrammierte Schwachstellen, weil diejenige Rückegasse, die zwei oder drei hinterliegende aufnimmt, der zwei- oder dreifachen Belastung standhalten müsste - dafür aber nicht ausgelegt ist.
- Als **baulich-technisches** Mittel werden in der Praxis häufig Reismatten zur Armierung der Rückegassenfläche eingesetzt. Sie weisen ein hohes elastisches Verformungspotenzial auf und leiten Kräfte punktuell auf den Waldbo-

den ab. Für eine bodenschonende Wirkung sind jedoch Reisigarmierungen erforderlich, die nur bei sehr hohen Hiebsanfällen realisiert werden können. Auf armen Standorten ist weiterhin nachteilig, dass die Biomassekonzentration auf den Rückegassen zu einer ernst zu nehmenden Beeinträchtigung der Nährstoffversorgung auf der übrigen Bestandesfläche führen kann. Die auf der Rückegasse konzentrierten Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte aus der Kronenbiomasse können den Nährstoffexport über Stammholz und Rinde um den Faktor 2 bis 3 übersteigen und langfristig eine Kompensation über Kalkungs- bzw. Düngungsmaßnahmen erforderlich machen.

Bei Selbstwverbereinsatz nach der Schlagräumung kommt als zusätzlicher Nachteil von Reisigmatten hinzu, dass damit die Rückegassen für landwirtschaftliche Schlepper unpassierbar gemacht und ausweichende Befahrung neben der Rückegasse provoziert wird.

Falls zwingend notwendig, sind punktuelle Befestigungen, insbesondere an Einmündungen, möglich.

6. Feinerschließung in Sondersituationen

6.1 Neukonzeption und Neuanlage von Rückegassennetzen

Die optimale Gestaltung neu anzulegender Rückegassennetze ergibt sich aus der Festlegung von Rückegassenabstand, Linienführung der Rückegassen, Rückegassenbreite und zulässigen Maßnahmen zur (Wieder-) Herstellung der technischen Befahrbarkeit (entsprechend den Entscheidungshilfen 1 - 3, S. 14 - 16) unter Berücksichtigung von

- Vorgaben aufgrund spezieller Waldfunktionen wie z.B. Biotopen oder Bodenschutzwald;
- Geländemorphologie und Boden;
- der vorhandenen Grunderschließung;
- technisch/ökonomischen Vorgaben sowie
- Bestandesmerkmalen.

Geländemorphologie und Boden sind entscheidende Einflussgrößen für die Gestaltung von Rückegassennetzen, weil sie über lange Zeiträume hinweg stabil bzw. unveränderlich sind und weil befahrungsbedingte Bodenschäden lange Regenerationszeiträume beanspruchen oder u.U. irreversibel sind.

Geländemorphologie und Boden (Tab. 1, S. 9 und Entscheidungshilfe 2, S. 15)

wirken sich folgendermaßen auf die Gestaltung von Rückegassennetzen **aus:**

- Geländemorphologie und Boden sind entscheidend für die **Eignung des jeweiligen Feinerschließungsmittels** (Entscheidungshilfe 2, S. 15). Bei Blocküberlagerung, Hangneigungen von mehr als durchschnittlich 35 – 40%, max. 45% (Steigfähigkeit des Rückefahrzeugs) sowie hoher **technischer Befahrungsempfindlichkeit** (unvertretbar hoher Aufwand zur Erhaltung der techni-

schen Befahrbarkeit) ist die Rückegasse als Feinerschließungsmittel ungeeignet.

- Geländemorphologie und Boden erfordern u.U. Abweichungen von der idealen **Linienführung bzw. Erschließungswirkung** (Entscheidungshilfe 3, S. 16).
- Das bisher ungeklärte Erosionsrisiko auf Rückegassen in Abhängigkeit von **Hangneigung und Hanglänge** erfordert aus Gründen der Risikovermeidung und des vorsorgenden Bodenschutzes **Rückegassenabstände** von 40 m in Hängen mit einer Neigung von mehr als durchschnittlich 30% .
- Die **bodenökologische Befahrungsempfindlichkeit** des Bodens ist entscheidend für die Wahl des **Rückegassenabstandes**:

Hohe ökologische Befahrungsempfindlichkeit erfordert aus Gründen des Bodenschutzes große Rückegassenabstände, da auf diesen Böden bei einem Rückegassenabstand

- von 20 m ein Flächenanteil von 20%,
- von 30 m ein Flächenanteil von 13% und
- von 40 m ein Flächenanteil von 10%

langfristig oder dauerhaft als potenzieller Wurzelraum ausscheidet.

Der Einfluß der technischen Befahrungsempfindlichkeit ist dagegen für die Entscheidung über Rückegassenabstände von untergeordneter Bedeutung: Einerseits erfordert hohe technische Befahrungsempfindlichkeit geringe Rückegassenabstände, um die Frequenz der Überfahrten und damit die Beanspruchung der einzelnen Rückegasse zu senken. Andererseits jedoch sind große Rückegassenabstände sinnvoll, um den unvermeidlichen und proportional zur Rückegassenlänge je Flächeneinheit ansteigenden Aufwand für die Herstellung und Erhaltung der technischen Befahrbarkeit zu minimieren.

Die **vorhandene (Grund-) Erschließung** hat folgende Auswirkungen auf die Gestaltung neu anzulegender Rückegassennetze:

- **In Flachlagen** ist die Neuanlage eines Rückegassennetzes nur sinnvoll bei vollständigem Fehlen jeder Feinerschließung. Bei unzureichender bzw. korrekturbedürftiger Feinerschließung sind die vorhandenen Feinerschließungslinien weiter zu nutzen, ggf. technisch und erschließungstechnisch anzupassen und das vorhandene Feinerschließungsnetz ggf. mit Rückegassen zu verdichten (Kap. 3.3).
- **In Hanglagen** kann die Neuanlage eines Rückegassennetzes sinnvoll und notwendig sein:
 - Bei vollständigem Fehlen jeder Feinerschließung;
 - bei vorhandener Erschließung mit Maschinenwegen, die hangparallel verlaufen und die einen Mindestabstand von 80 m aufweisen. Nur in diesen Fällen ist die im Kreuzungsbereich von hangparallelen Maschinenwegen mit in Falllinie verlaufenden Rückegassen unvermeid-

bare Übererschließung unter dem Aspekt des Bodenverbrauchs vertretbar.

- Bei unzuweckmäßiger und/oder ungeeigneter Seiltrassenerschließung.

Technisch/ökonomische Vorgaben sowie **Bestandesmerkmale** sind für die optimale Gestaltung von Rückegassennetzen dagegen von untergeordneter Bedeutung, weil

- (verfahrens-) technische Standards zeitgebunden und daher ständigen Veränderungen unterworfen sind und weil
- Bestandesmerkmale entweder ebenfalls zeitgebunden (in Altersklassenwäldern) oder heterogen sind (in Dauerwäldern mit unterschiedlichen Stadien der Bestandesentwicklung auf gleicher Fläche).
- Lediglich die Rückegassenbreite ergibt sich aus einer technischen Vorgabe: Aus der Maschinenbreite plus etwa 2 m auf jeder Seite für den Manövrierabstand und die bei mehrmaligen Überfahrten i.d.R. leicht seitlich versetzt zueinander liegenden Fahrspuren ergibt sich eine Rückegassenbreite von 4 m.

Ein **optimales Rückegassennetz** ist gekennzeichnet durch:

- **einen Abstand der Gassen von zwischen 20 m und 40 m;**
- **eine Gassenbreite von maximal 4 m sowie;**
- **flächendeckende Erschließungswirkung durch gestreckte, parallele und rechtwinklig zur Grunderschließung verlaufende Linienführung in Flachlagen und möglichst gestreckte, parallel und in Falllinie verlaufende Linienführung in Hanglagen;**
- **auf absolute Ausnahmen beschränkten Befestigungsaufwand zur (Wieder-) Herstellung der technischen Befahrbarkeit.**

In stammzahlreichen Jungbeständen, die zur Durchforstung heranstehen, erfordern betriebswirtschaftliche und arbeitsergonomische Aspekte geringe Rückegassenabstände, um eine kostengünstige Aufarbeitung zu realisieren.

Unter diesen Voraussetzungen ist in Flachlagen (Neigung < 30%) eine permanente Feinerschließung mit Gassenabständen von **20 m** auf **bodenökologisch unempfindlichen** Substraten (Tab. 1, S. 9), z.B. auf skelettreichen (Steingehalte über 50%) oder tonigen Substraten (physikalisches Regenerationspotential durch Quellen und Schrumpfen) vertretbar.

Auf **bodenökologisch teils empfindlichen, teils unempfindlichen** Substraten in Flachlagen (Neigung < 30%),

- die dem Übergangsbereich zwischen „empfindlich“ und „unempfindlich“ zuzuordnen sind,
- deren substratspezifische Empfindlichkeit nicht scharf abgrenzbar ist oder

- die aufgrund kleinflächig wechselnden Vorkommens nicht getrennt beurteilt bzw. erschlossen werden können, muss die Betriebsleitung **Einzelfallentscheidungen** treffen.

Unter Abwägung der technischen Aspekte und der standörtlich differenzierten Belange des Bodenschutzes ist zu prüfen, ob eine zeitweilige, auf die **Erst- und Zweidurchforstung** (durchschnittlicher BHD ausscheidender Bestand < 25 cm) beschränkte Nutzung von Rückegassen im **20 m-Abstand** bei Anwendung aller verfahrens- und maschinentechnischen Möglichkeiten zur Minimierung von Bodenbelastung (Kap. 5) vertretbar und verantwortbar ist.

Ausschlaggebend ist das standörtliche Gesamtbild eines Erschließungsgebietes: Überwiegen Standorte hoher bodenökologischer Befahrungsempfindlichkeit (Tab. 1, S. 9), ist der 40 m-Abstand zu wählen, auf Standorten überwiegend geringer bodenökologischer Befahrungsempfindlichkeit ist der 20 m-Abstand für eine begrenzte Nutzungsdauer vertretbar.

6.2 Altbefahrung

Bestehende Fahrtrassen sind – soweit technisch möglich und sinnvoll – unter Minimierung des Anteils an neu befahrener Bestandesfläche und Tolerierung eines suboptimalen Verlaufs der Erschließungslinien in eine permanente Feinerschließung zu integrieren. Selbst bei unregelmäßiger Befahrungen auf Sturmwurfflächen lässt sich ein wesentlicher Anteil bestehender Fahrtrassen in ein optimiertes Rückegassennetz integrieren.

Für die dazu notwendige Rekonstruktion alter Befahrungslinien sowie die Erfassung und Anpassung vorhandener Erschließung sind – insbesondere auch alte – Karten und/oder Luftbilder heranzuziehen (Kap. 3.1).

Die Neuorientierung der Feinerschließung in zu dicht erschlossenen Beständen hängt von der ökologischen Befahrungsempfindlichkeit des Bodens ab (vgl. S. 12). Ausgehend von einem 20 m-Rückegassennetz, das bei vollmechanisierten Aufarbeitung angelegt wurde, ergibt sich folgende Vorgehensweise:

- Auf **empfindlichen** Böden in Flachlagen (Ebene und Hänge < 30% Neigung) sowie **in Hanglagen > 30% Neigung** sind zu dichte Rückegassennetze durch Auflassung von Rückegassen dem Abstand von 40 m anzupassen.
- Auf **teils empfindlichen, teils unempfindlichen** Böden in Flachlagen (Ebene und Hänge < 30% Neigung) ist nach der Zweidurchforstung jede zweite Rückegasse aufzulassen und das Rückegassennetz einem Abstand von 40 m anzupassen.
- Auf **unempfindlichen** Böden in Flachlagen (Ebene und Hänge < 30% Neigung) ist der Mindestabstand für Rückegassen von 20 m durch ggf. durch Auflassung überzähliger Gassen herzustellen.

Grundsätzlich darf die Anpassung von Feinerschließungsnetzen nicht zu einer weiteren Zunahme der befahrenen Flächenanteile durch die Neuanlage von Rückegassen führen.

Als Starthilfe für die Regeneration der Wurzelraumfunktion des Bodens kommen für diese konzentriert befahrenen Trassenbereichen in Extremfällen (v.a. bei dauerhafter Auflassung) mechanische Lockerungsverfahren in Betracht.

6.3 Feinerschließung in Kalamitätssituationen

Aufnahmen der Befahrungsorganisation auf Sturmwurfflächen, die durch den Orkan Lothar verursacht wurden, zeigen, dass die Einhaltung eines geordneten Fahrtrassensystems und damit die Bodenvorsorge in vielen Fällen betrieblichen Zwängen (betriebswirtschaftliche Aspekte, Verfügbarkeit der Arbeitskapazität, Arbeitssicherheit) untergeordnet wurde.

Für die **Feinerschließung im Kalamitätsfall** gelten folgende **Grundsätze**:

- Die Anlage neuer, zusätzlicher Befahrungslinien ist zu vermeiden: Für jede vorhandene systematische Erschließung stehen geeignete Aufarbeitungsverfahren zur Verfügung (Arbeitsverfahren im Sturmholz; FVA/AWF 2001).
- Die Verpflichtung zur Nutzung vorhandener Fahrtrassen ist als operationales Qualitätsziel sowohl gegenüber eigenem Personal wie auch gegenüber Unternehmern und Selbstwerbenden zu definieren.
- Vor Beginn der Aufarbeitung ist die vorhandene Feinerschließung auf der Basis zuvor erfolgter Kennzeichnung im Gelände und Dokumentation in Karten (Kap. 4) zu rekonstruieren. Ggf. sind zusätzlich alte Karten und/ oder Luftbilder heranzuziehen (Kap. 3.1).
Der personelle, zeitliche und finanzielle Aufwand für die sorgfältige Rekonstruktion vorhandener Erschließung ist nicht nur aus Gründen des Bodenschutzes, sondern auch angesichts des häufig zu raschen Aufarbeitungstempos gerechtfertigt.
- Der Erhaltung der technischen Befahrbarkeit (wo möglich Raupen- statt Radfahrzeuge; Kap. 5) kommt zur Vermeidung von Neubefahrung (Ersatzrückegassen) im Kalamitätsfall überragende Bedeutung zu.
- Der Einsatz leistungsstärkerer, zangen- bzw. greiferbestückter Maschinen mit Kranarmreichweiten von mindestens 10 m ist auch bei u.U. weitaus höherem Maschinengewicht aus Gründen der Arbeitssicherheit gerechtfertigt.
- Die Aufarbeitung verfahrenstechnisch bedingter Zwangssortimente ist aus Gründen des Bodenschutzes (Vermeidung der Anlage neuer Rückegassen) gerechtfertigt. Gleiches gilt für die Nichtaufarbeitung nicht oder schlecht erreichbarer Zwischenflächen nach sorgfältiger Beurteilung der Forstschutzsituation.
- Die Einhaltung des Verbots neuer Befahrung ist zu kontrollieren.

Eine üppige Vegetationsentwicklung auf den Sturmschadensflächen kann **nicht** als Hinweis auf sich abzeichnende Regenerationsvorgänge angesehen werden. Die sich einstellende Vegetation besteht vielmehr überwiegend aus Arten flachwurzeln-der Freiflächenspezialisten.

7. Literatur

- BBodSchG (Bundes-Bodenschutzgesetz) (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. BGBl Teil I; Nr. 16 v. 24.03.1998: 502-510.
- BBodSchV (Bundes-Bodenschutzverordnung) (1999): Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes. BGBl Teil I v. 16.06.1999.1554-1582
- BodSchG (Bodenschutzgesetz des Landes Baden-Württemberg) (1991): Gesetz zum Schutz des Bodens. GBl. für Baden-Württemberg 1991, Nr. 16 v. 24.06.1991: 434-440.
- FVA/AWF (2001): Arbeitsverfahren im Sturmholz.
- GAERTIG, T., v. WILPERT, K. und SCHACK-KIRCHNER, H. (1999): Bodenbelüftung als Steuergröße des Feinwurzelwachstums. Allg. Forst u. J.-Zeitg. 170: 81-87.
- GAERTIG, T., HILDEBRAND, E.E. , SCHÄFFER, J. und v. WILPERT, K. (2000): Wirkung mechanischer Bodenlockerung auf Bodenbelüftung und Durchwurzelung. AFZ/Der Wald 21: 1124-1126.
- HILDEBRAND, E.E. (1983): Der Einfluss der Bodenverdichtung auf die Bodenfunktionen im Forstlichen Standort. Forstwissenschaftl. Cbl.102: 111-125.
- LfU (2003): Naturschutz-Praxis, NATURA 2000: Beeinträchtigungen, Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen von Lebensraumtypen und Lebensstätten von Arten zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie) in Baden-Württemberg. 2. Auflage.
- SCHACK-KIRCHNER, H., HILDEBRAND, E.E. und v. WILPERT, K. (1993): Bodensauerstoffhaushalt unter Fahrspuren. Allg. Forst Zeitschrift 3: 118-121.
- SUDA, M. et al. (1998): Wald, Holz und Forstwirtschaft im Spiegel der öffentlichen Meinung. In: Forstliche Forschungsberichte München, Schr. d. Forstwiss. Fak. der Univ. München Nr. 172, S. 49-67.
- WG (Wassergesetz für Baden-Württemberg) (1988): GBl. für Baden-Württemberg 1988 Nr. 15 v. 01.07.1988: 269-315.
- WAGELAAR, R. (2001): GPS-gestützte Feinerschließungsplanung auf „Lothar“-Kalamitätsflächen. AFZ - Der Wald 10/2001, S. 509 – 512.

